



OrderPatent

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09179977 A
 (43) Date of publication of application: 11.07.1997

(51) Int. Cl. G06T 5/00

G01T 1/161, G06F 15/18, G06F 19/00, G06T 1/00, H04N 1/405

(21) Application number: 07350194

(22) Date of filing: 21.12.1995

(71) Applicant: SHIMADZU CORP

(72) Inventor: KAWASAKI KOJI

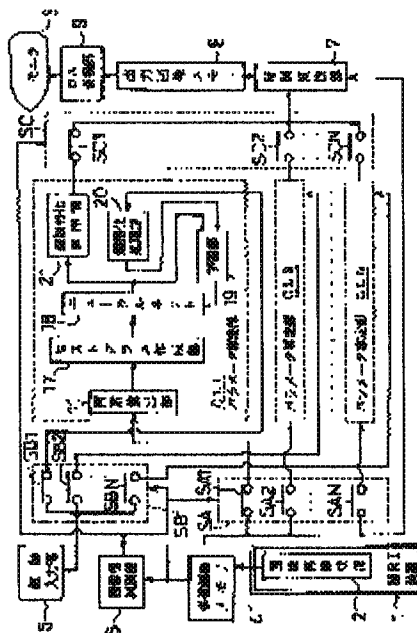
(54) AUTOMATIC PROCESSOR FOR INTENSITY
 LEVEL OF MEDICAL IMAGE

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To set adequate intensity level conversion characteristics without being affected by a difference in image kind.

SOLUTION: The automatic processor for the intensity level of medical image is equipped with plural arrays of parameter calculation parts CL1,..., CLN which calculate parameters for intensity level settings for setting intensity level conversion characteristics on the basis of the density value state of input pixels of the medical image, and each parameter calculation part learns a sample image of a corresponding image kind and sends out the parameters for intensity level setting of the medical image, inputted according to the decision result of the image kind decision part 5, to an intensity level conversion part 7. According to the intensity level conversion characteristics set properly by the intensity level conversion part 7, intensity level conversion for the medical image is performed.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-179977

(43)公開日 平成9年(1997)7月11日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 5/00			G 0 6 F 15/68	3 1 0 J
G 0 1 T 1/161			G 0 1 T 1/161	C
G 0 6 F 15/18	5 5 0		G 0 6 F 15/18	5 5 0 G
19/00			15/42	X
G 0 6 T 1/00			15/62	3 9 0 A
審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 11 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平7-350194

(22)出願日 平成7年(1995)12月21日

特許法第30条第1項適用申請有り 1995年9月11日～9月14日 開催の「第23回日本磁気共鳴医学会大会」において文書をもって発表

(71)出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72)発明者 川▲崎▼ 浩嗣

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所三条工場内

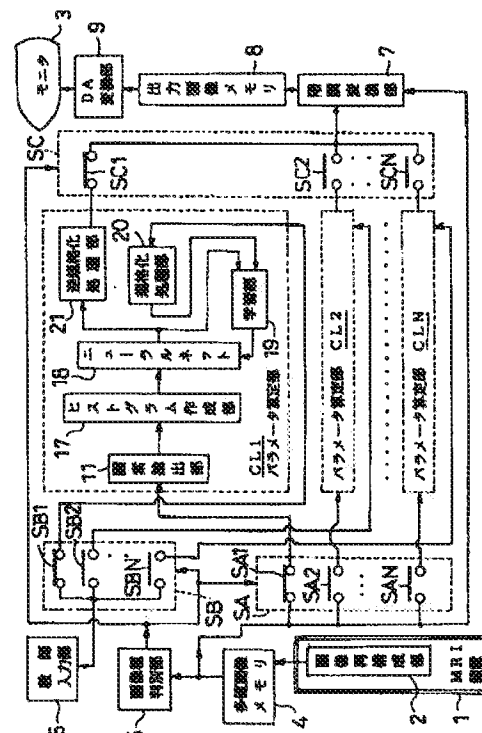
(74)代理人 弁理士 杉谷 勉

(54)【発明の名称】 医用画像の階調自動処理装置

(57)【要約】

【課題】 画像種の違いに左右されことなく、適切な階調変換特性の設定を実現する。

【解決手段】 この発明の医用画像の階調自動処理装置は、医用画像の入力画素の濃度値状況に基づき階調変換特性を設定するための階調設定用パラメータを算定するパラメータ算定部CL1、…、CLNを複数列備え、各パラメータ算定部が、対応画像種の手本画像をそれぞれ学習するとともに、画像種判別部5の判別結果に従って入力される医用画像の階調設定用パラメータを階調変換部7に送出する一方、階調変換部7が適切に設定した階調変換特性に従って医用画像に対する階調変換が実行されるよう構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像診断機器で得られた医用画像の入力画素の濃度値が階調変換特性に従って出力画素の濃度値へ自動的に変換されるよう構成されている医用画像の階調自動処理装置において、前記医用画像の種類を判別する画像種判別手段と、前記画像種判別手段の判別結果に従って入力される医用画像の入力画素の濃度値状況に基づき前記階調変換特性を設定するための階調設定用パラメータを算定する複数列のパラメータ算定手段と、前記階調設定用パラメータに基づいて前記階調変換特性の設定を行う階調変換設定手段とを備えるとともに、前記パラメータ算定手段おのおのが、入力画素の濃度ヒストグラムを作成するヒストグラム作成手段と、前記濃度ヒストグラムを入力して前記階調設定用パラメータを算定するニューラルネットと、前記ニューラルネット内における重みを、対応画像種の手本画像についてニューラルネットが実際に算定した階調設定用試算パラメータと前記手本画像について別途適切と定められた階調設定用教師パラメータとのずれに基づく学習をニューラルネットに行わせることにより決定する学習手段とを有することを特徴とする医用画像の階調自動処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、核磁気共鳴断層撮影装置（MRI装置）やX線CT装置、エミッションCT装置（核医学装置）などを始めとする画像診断機器で得られた医用画像の入力画素の濃度値が階調変換特性に従って出力画素の濃度値へ自動的に変換される医用画像の階調自動処理装置（以下、適宜「階調自動処理装置」と略記）に関し、特に、画像種の如何にかかわらず入力画素の濃度値を適切に階調変換してコントラストの良好な医用画像表示を実現するための技術に関する。

【0002】

【従来の技術】病院等で現在使われている画像診断機器のひとつであるMRI装置には、階調処理装置が組み込まれており、この装置により、患者の患部を撮影した医用画像の入力画素の濃度値を階調変換特性に従って出力画素の濃度値へ変換してから医用画像としてモニタ等に表示する構成になっている。このような階調変換処理を自動的に行なう装置として、例えば特開平5-61973号公報に記載の装置がある。この従来の階調自動処理装置は、ニューラルネットを使った学習機能を装置自体に持たせておき、手本となる医用画像（手本画像）をニューラルネットに予め学習させた後、そのニューラルネットを使って、実際に階調変換を施す対象である医用画像（以下、適宜「対象画像」と言う）の入力画素の濃度値状況を調べた結果に基づき階調変換特性を設定し、その階調変換特性に従って処理画像の入力画素の濃度値を出力画素の濃度値へ自動的に変換してゆく。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の階調自動処理装置では、手本画像をニューラルネットに予め学習させておいても、医用画像の画像種の違いに原因して階調変換特性が適切には設定されないという問題がある。

【0004】MRI装置を例にとってみると、いわゆるアンギオ法、IR（インバージョンリカバリー）法、SE（スピンエコー）法、FE（フィールドエコー）法などの画像種がある。このように様々な画像種がある場合、学習画像数の少ない画像種については学習不足のために適切な階調変換特性が設定されない。例えば、50枚の手本画像の学習を行った画像種については適切な階調変換特性を設定することが設定出来ても、5枚の手本画像の学習しか行っていない画像種に対しては、適切な階調変換特性を設定することは期待しがたい。

【0005】それだけでなく、各画像種それぞれについて十分な数の手本画像を学習した場合でも、異なる画像種間での相互干渉により適切な階調変換特性の設定が妨げられる。ニューラルネットを使った学習の場合、特定の手本画像だけでなく全手本画像が学習結果に反映されるからである。二つの異なる画像種それぞれについて50枚の手本画像の学習を行った場合、端的に言えば、両画像種の中間的な画像種に対しては適切な階調変換特性に出来るが、もともとの手本画像の画像種に対しては適切な階調変換特性には出来なくなる。

【0006】この発明は、上記の事情に鑑み、画像種の違いに左右されることなく、適切な階調変換特性を設定できる医用画像の階調自動処理装置を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は、上述の課題を達成するため、次のような構成をとる。すなわち、この発明に係る医用画像の階調自動処理装置では、画像診断機器で得られた医用画像の入力画素の濃度値が階調変換特性に従って出力画素の濃度値へ自動的に変換されるよう構成されている装置において、前記医用画像の種類を判別する画像種判別手段と、前記画像種判別手段の判別結果に従って入力される医用画像の入力画素の濃度値状況に基づき前記階調変換特性を設定するための階調設定用パラメータを算定する複数列のパラメータ算定手段と、前記階調設定用パラメータに基づいて前記階調変換特性の設定を行う階調変換設定手段とを備えるとともに、前記パラメータ算定手段おのおのが、入力画素の濃度ヒストグラムを作成するヒストグラム作成手段と、前記濃度ヒストグラムを入力して前記階調設定用パラメータを算定するニューラルネットと、前記ニューラルネット内における重みを、対応画像種の手本画像についてニューラルネットが実際に算定した階調設定用試算パラメータと前記手本画像について別途適切と定められた階調設定用教師パラメータとのずれに基づく学習をニューラ

ルネットに行わせることにより決定する学習手段とを有するものである。

【0008】

【作用】この発明の医用画像の階調自動処理装置における階調変換特性設定の際の作用について説明する。実際に医用画像の階調変換を実施する前に、階調変換特性を設定するための階調設定用パラメータを算定するパラメータ算定手段に予め学習をさせなければならない。画像種ごとに設けられている各パラメータ算定手段それぞれに対応画像種の手本画像を十分に学習させるのである。

【0009】学習の際、特定のパラメータ算定手段では、ヒストグラム作成手段が先ず対応画像種に属する手本画像の入力画素の濃度ヒストグラムを作成するとともに作成された濃度ヒストグラムに基づいてニューラルネットワークが手本画像についての階調設定用試算パラメータを算定する。一方、手本画像については、専門家によって別途適切と定められた階調設定用教師パラメータが用意されており、パラメータ算定手段に設けられている学習手段が、手本画像についての階調設定用試算パラメータと階調設定用教師パラメータとのずれに基づく学習をニューラルネットに行わせることによりニューラルネット内における重みを変更する。同一画像種の手本画像多数について上記の学習が繰り返し行われ、ニューラルネット内の重みが対応画像種に適した値に決定されるとひとつのパラメータ算定手段の学習が終了する。続いて、他のパラメータ算定手段でも他とは異なる対応画像種の手本画像の学習がそれぞれ同様に行われて、全ニューラルネット内の重みが全て決定すると学習は完全に終わり、実際に医用画像に対する階調変換が実行できる。

【0010】階調変換を実行する場合、画像種判別手段が先ず対象画像の画像種を判別し、対象画像が属する画像種についてのパラメータ算定手段へ対象画像を送り込む。パラメータ算定手段は、ヒストグラム作成手段が対象画像の入力画素の濃度ヒストグラムを作成してニューラルネットへ送出するとともに、ニューラルネットが学習により決定した重みと濃度ヒストグラムとに基づき荷重和を求めて対象画像についての階調設定用パラメータを算定し階調変換設定手段へ出力する。一方、階調変換設定手段の方は算定された階調設定用パラメータに基づいて対象画像についての階調変換特性の設定を行う。このようにして設定された階調変換特性に従って対象画像の入力画素の濃度値が出力画素の濃度値へ自動的に変換されてゆくことになる。

【0011】

【発明の実施の形態】続いて、図面を参照しながら、この発明の一実施例を説明する。図1は、MRI装置と一体化された実施例に係る階調自動処理装置の概略構成を示すブロック図である。MRI装置1は被検体より放出される核磁気共鳴信号を受信して断層撮像を行う装置であり、計測された像は画像再構成部2に3次元のかたち

でまず保持されており、スライス部位が指定されると対応する医用画像を画像再構成部2より階調自動処理装置へ送り出し、階調自動処理装置によって医用画像に適正な階調変換を施してからモニタ3に表示したり、あるいは、フィルムに焼き付けたりする構成となっている。

【0012】画像再構成部2から送出されるデジタル信号形態の医用画像は、多値画像メモリ4に記憶されると同時に、画像種判別部5に送られて画像種が判別される。画像種判別部5での判別結果に基づいてスイッチSA～SCに接点閉成制御信号を送る。医用画像が画像種Vnと判別されるとスイッチSAの接点SAn、スイッチSBの接点SBn、スイッチSCの接点SCn（但しn=1, 2, …, Nのうちのひとつ）が閉じられる。図1には医用画像が画像種V1である場合が示されている。スイッチSAの後段には、N列のパラメータ算定部CL1, CL2, …, CLNが設けられており、ここでは画像種判別部5の判別結果に従って入力された医用画像の入力画素の濃度値状況から階調変換特性を設定するための階調設定用パラメータが算定されることになる。

【0013】スイッチSBの前段には教師入力部6が設けられていて、見本画像による学習の際、パラメータ算定部CL1, CL2, …, CLNの中の手本画像が入力されるパラメータ算定部へは、教師入力部6からもスイッチSBを介して手本画像の階調設定用教師パラメータが送り込まれる。この階調設定用教師パラメータは、医師やオペレータなどの専門家が手本画像を予め観察して別途に適切と定めたパラメータである。各パラメータ算定部CL1, CL2, …, CLNの構成は詳しくは後述するが実質的に同じ構成とみなせるものである。

【0014】パラメータ算定部CL1, CL2, …, CLNの後段にはスイッチSCを介して階調変換部7が接続されていて、この階調変換部7では、各パラメータ算定部により送られてきた階調設定用パラメータに従って階調変換特性が設定される。階調変換部7で階調変換特性が設定されると、医用画像の入力画素の濃度値が階調変換部7で出力画素の濃度値に逐次変換されて出力画像メモリ8に格納される一方、出力画素の濃度値がDA変換器9でアナログ化されてからモニタ3に送出されて医用画像が表示されることになる。以下、各部の構成をより具体的に説明する。

【0015】多値画像メモリ4は医用画像の入力画素の濃度値を記憶するものであり、記憶される濃度値は、例えば、-4000～+8000の広い範囲にある。また、画像種判別部5は、被検体の氏名・撮影年月日などの情報と共に医用画像のデータに付随している画像種の識別データを読み取り、画像種を判別する。MRI装置の場合、アンギオ法やIR法、SE法、FE法などの画像種がある。

【0016】次に、パラメータ算定部の説明に入る前に、この発明における階調変換特性および階調設定用パラメータについて説明しておく。多値画像メモリ4に格納される医用画像の入力画素の濃度値は上記のように-4000~+8000の広い範囲である一方、出力画素の濃度値は例えば0~255のより狭い範囲である。したがって、医用画像中の関心部位の入力画素の濃度値を出力画素の濃度値に合わせるべく階調変換が行われる。図2のグラフ中の折れ線が階調変換特性を示しており、この折れ線はウィンドウレベルLとウィンドウ幅Wとで

規定される。
【0017】この例ではウィンドウレベルLのところの入力画素の濃度値は、出力画素の中間の濃度値（明るさ）に対応する。一方、ウィンドウ幅Wの上限以上の入力画素の濃度値は全て出力画素の上限の濃度値である255となり、ウィンドウ幅Wの下限以下の入力画素の濃度値は全て出力画素の下限の濃度値（黒レベル）である0になる。ウィンドウレベルLとウィンドウ幅Wが適切（最適）に設定されたなら、関心部位の入力画素の濃度値の範囲がうまく出力画素の濃度値の範囲に照応し医用画像のコントラストはすこぶる良好なものとなる。したがって、実行段階ではパラメータ算定部が階調設定用パラメータとして、最適なウィンドウレベルLと最適なウィンドウ幅Wを算定して階調変換部7に送出することになる。

【0018】続いて、パラメータ算定部CL1の構成を説明する。パラメータ算定部CL1は画像種V1用であり、画素抽出部11が多値画像メモリ4から送られてきた医用画像の入力画素の中から関心部位に属する画素を抽出する。画素抽出部11は最終的に下記のふたつの抽出条件Aおよび抽出条件Bの両方を満たす画素を観察したい部位（関心部位）に関連した画素（関心画素）として抽出することになる。なお、図3は画素抽出部11の具体的構成を示すブロック図である。

【0019】抽出条件A：図4に示すように、撮像された被検体内の輪郭部位Gに属する画素であること。診断の際に医師が観察したい部位（関心部位）は、画像中の変化のない様な平坦部ではなく病変や組織の輪郭部位Gであるから、輪郭部位Gに位置する画素を関心画素とするのである。

【0020】抽出条件B：図4に示すように、画像の中央部Cの画素の濃度値に近い濃度値を有する画素であること。中央部Cの取り方としては、画像の縦・横それぞれの1/4の長さを1辺とし、画像の中心をその中心とする正方形が例示されるが、これに限らず、円形など他のものであってもよい。撮像はふつう関心部位が画像の真ん中に来るように行われるので、画像の中央部Cの画素の濃度値に近い濃度値の画素を抽出する。これで中央の濃度値からかけ離れた濃度値をもつ画像周辺の不適画素は除かれることになる。

【0021】抽出条件Aを満たす画像の抽出は、以下の通りである。図3に示したCPU16が、多値画像メモリ4に記憶されている医用画像の各入力画素ごとの微分処理を行って、微分値メモリ12に各画素ごとの微分値を記憶する。輪郭部位Gでは濃度変化が大きいので、微分値Dは、輪郭部位Gの両側の濃度変化の少ないところよりも高い。そのため、微分値Dが適当な一定値（スレッシュホールドレベル）よりも大きい画素を取り出すと、これが輪郭部位Gに属する画素となる。抽出メモリ13は多値画像メモリ4と同じマトリックス構成のメモリであり、抽出条件Aを満たす各画素に対応する番地に「1」が記憶され、他の番地には「0」が記憶される。

【0022】抽出条件Bを満たす画像の抽出は、以下の通りである。多値画像メモリ4に記憶されている医用画像の中央部Cに位置する画素と同じ程度の濃度値の画素を抽出することになる。中央部Cの中に位置する全画素の濃度値の平均値Q1と標準偏差Q2を求めて抽出の基準となる濃度範囲CAを下式により決定する。

$$(Q1 - K1 \cdot Q2) \leq CA \leq (Q1 + K2 \cdot Q2)$$

K1, K2は5~10程度の定数であり、通常は7程度である。濃度範囲CAの濃度値の画素が抽出される。抽出メモリ14は多値画像メモリ4と同じマトリックス構成のメモリであり、抽出条件Bを満たす各画素に対応する番地に「1」が記憶され、他の番地には「0」が記憶される。

【0023】抽出条件A, Bの両方を満たす画像は、抽出メモリ13, 14の双方に「1」と記憶されている画素である。抽出メモリ13, 14の対応する番地同士の記憶内容のAND演算を行い、演算結果が「1」となる画素を関心画素として決定するとともに、各関心画素の濃度値を関心画素メモリ15に記憶する。上記の抽出処理や演算処理は主としてCPU16が実行することになる。関心画素の抽出は関心部位の観察しやすい医用画像表示を実現する上で効果的である。なお、関心画素の抽出条件は上記の態様に限られるものではなく、例えば、抽出条件A, Bの一方だけを抽出条件とする態様などがある。

【0024】ヒストグラム作成部17は、関心画素メモリ15に関心画素として抽出された入力画素の濃度値データから図5に示す濃度ヒストグラムを作成する。この濃度ヒストグラムは、入力画素の濃度値範囲を例えば30区分（30階級化）して濃度値の低い方の区分が原点側となるように順に並べて横軸とする一方、各区分内の濃度値をもつ画素の数を縦軸としたものである。そして、濃度ヒストグラムを次のニューラルネット18が処理しやすいかたちとするために、図6に示すように、濃度ヒストグラムに対して、縦軸における最大画素数Yaが1となるような規格化処理を施して、規格濃度ヒストグラムを得る。

【0025】次のニューラルネット18は規格濃度ヒス

トグラムに基づいて階調設定用パラメータを算定する。つまり、ニューラルネット18は規格ウィンドウレベルと規格ウィンドウ幅を算定する。ニューラルネット18は図7の概念的モデルに示すように、複数のニューロン（神経細胞と同じような荷重と機能をもつ素子）NUを層状に備え、各ニューロンNUをシナプス結合と呼ばれる結合手でネットワーク結合して構成される。ここでは入力層18a、中間層18b、出力層18cの3層モデルとする。入力層18aは、図6に示した規格濃度ヒストグラムの階級数と同じ個数（30個）のニューロンNUを備え、中間層18bは20個のニューロンNUを備え、出力層18cは2個のニューロンNUを備える。出力層18cのニューロン数は規格ウィンドウレベルと規格ウィンドウ幅という出力項目の数の「2」にあわせてある。ニューラルネット18はハードウェアで構成することもソフトウェアで実現することもできる。

【0026】そして、ニューラルネット18を正しく働かせるにはシナプス結合の重み（荷重係数）を予め決定しておく必要がある。学習部19はニューラルネット18内における重みの決定を、画像種V1に属する多数の手本画像についてニューラルネット18が算定した階調設定用試算パラメータと手本画像について別途適切と定められた階調設定用教師パラメータとのずれに基づく学習をニューラルネットに行わせて実現するものである。教師入力部6からは、階調設定用教師パラメータとして、教師ウィンドウレベルWLと教師ウィンドウ幅WWのふたつが送られてくる。規格化処理部20は、教師ウィンドウレベルWLと教師ウィンドウ幅WWをニューラルネット18での学習に適した0～1の範囲になるように下記の規格化処理を行う。

【0027】規格教師ウィンドウレベルWLt = (教師ウィンドウレベルWL - 手本画像の最小濃度値) / [(手本画像の最大濃度値 - 手本画像の最小濃度値) × K3]

規格教師ウィンドウ幅WWt = (教師ウィンドウ幅WW - 手本画像の最小濃度値) / [(手本画像の最大濃度値 - 手本画像の最小濃度値) × K4]

ただし、定数K3、K4 > 1、最小濃度値、最大濃度値は画素抽出部11により抽出された画素の濃度値の最小値、最大値である。

【0028】ニューラルネット18が算定して出力する階調設定用試算パラメータは、試算ウィンドウレベルWLmおよび試算ウィンドウ幅WWmである。試算ウィンドウレベルWLmが規格教師ウィンドウレベルWLtにより近いほど、かつ、試算ウィンドウ幅WWmが規格教師ウィンドウ幅WWtにより近いほどニューラルネット18における重みが適切である（ニューラルネットの内部状態が適切である）ことになる。つまり、規格教師ウィンドウレベルWLtおよび規格教師ウィンドウ幅WWtを目標値として学習部19がニューラルネット18に

学習をさせるのである。

【0029】逆規格化処理部21は、学習を終えたニューラルネット18が出力する規格最適ウィンドウレベルw1および規格最適ウィンドウ幅wwを入力して下記式の変換を行い最適ウィンドウレベルWLおよび最適ウィンドウ幅WWに変える。つまり、ニューラルネット18から出てきたものはニューラルネットに適したかたちであり、これを階調変換部7に適したかたちに修正するべく逆規格化処理を行うのである。

10 【0030】最適ウィンドウレベルWL = 画素の最小濃度値 + 規格最適ウィンドウレベルw1 × [(画素の最大濃度値 - 画素の最小濃度値) × K3]

最適ウィンドウ幅WW = 規格最適ウィンドウ幅ww × [(画素の最大濃度値 - 画素の最小濃度値) × K4]

ただし、定数K3、K4は同一パラメータ算定部内では前記の階調設定用教師パラメータに対する規格化処理用の式中のK3、K4と一致している必要がある。また、最小濃度値、最大濃度値は、画素抽出部11により抽出された画素の濃度値の最小値、最大値である。

20 【0031】他のパラメータ算定部CL2～CLNについても同様の構成である。ただ、画素抽出部での抽出条件やヒストグラム作成部での濃度値の区分数、あるいは、ニューラルネットでのニューロン数などは対応画像種などによって適当に変更してもよく、全パラメータ算定部CL1～CLNが完全に同一構成である必要はないのである。

【0032】階調変換部7は、最適ウィンドウレベルWLおよび最適ウィンドウ幅WWに従って階調変換特性をルック・アップ・テーブル方式で設定する。対象画像の入力画素の濃度値が入力アドレスに対応し、各アドレスの記憶セルに出力画素の濃度値が格納される。勿論、階調変換特性は数式として設定されてソフトウェア的に変換処理が行われるようでもよい。対象画像の各入力画素の濃度値がそれぞれ階調変換されて出力画像メモリ8に次々と格納されてゆく。

30 【0033】続いて、上記実施例の階調自動処理装置における学習動作および階調変換動作を説明する。まず、学習動作を学習の流れを示す図8のフローチャートを参照しながら説明する。

40 【ステップS1】 画像種V1の手本画像をMRI装置1から多値画像メモリ4へ送出する。

【0034】【ステップS2】 画像種判別部5が画像種V1を判別してスイッチSAの接点SA1およびスイッチSBの接点SB1を閉じる。

【0035】【ステップS3】 手本画像がパラメータ算定部CL1の画素抽出部11に入力される一方、入力した手本画像の教師ウィンドウレベルWLと教師ウィンドウ幅WWが教師入力部6からパラメータ算定部CL1の規格化処理部20に送り込まれる。

50 【0036】【ステップS4】 画素抽出部11が手本

画像の画素の中から抽出条件Aおよび抽出条件Bの両方を満たす関心画素を抽出する。

【0037】〔ステップS5〕 規格化処理部20は、抽出された画素の最小濃度値と最大濃度値を用いて、教師ウィンドウレベル WL_t および教師ウィンドウ幅 WW_t を規格教師ウィンドウレベル WL_t と規格教師ウィンドウ幅 WW_t にそれぞれ変換して学習部19に送出する。

【0038】〔ステップS6〕 ヒストグラム作成部17は抽出された関心画素についての濃度ヒストグラムを作成するとともにその規格化処理により作成した規格濃度ヒストグラムをニューラルネット18に送出する。

【0039】〔ステップS7〕 学習前のニューラルネット18では、重みがもちろん適切な値ではないが、規格濃度ヒストグラムが入力されるとニューロンが荷重和機能を発揮して、試算ウィンドウレベル WL_m および試算ウィンドウ幅 WW_m を算定し、学習部19に送出する。

【0040】〔ステップS8〕 学習部19は、規格教師ウィンドウレベル WL_t と試算ウィンドウレベル WL_m の差(ずれ)である ΔWL と、規格教師ウィンドウレベル WL_t と試算ウィンドウ幅 WW_m の差(ずれ)である ΔWW とを算出し、これらをパラメータ誤差としてニューラルネット18へ送り込む。

【0041】〔ステップS9〕 ニューラルネット18では、パラメータ誤差 ΔWL 、 ΔWW に基づき周知のバックプロパゲーション法の学習を実行する。バックプロパゲーション法の場合、先のパラメータ試算過程と逆行する向きに学習信号を求める。つまり、パラメータ誤差 ΔWL 、 ΔWW から出力層18cのニューロンでの学習信号を求めるとともに、この結果から出力層18bのニューロンの誤差とそれに応じた学習信号を求めたあと、この結果から出力層18aのニューロンの誤差とそれに応じた学習信号をも求め、最終的にこれらの学習信号に基づき誤差が少なくなるようにニューラルネット18内の重みを変更する。なお、このバックプロパゲーション法の学習に関しては、特開平5-61973号公報などにも記載されている。

【0042】〔ステップS10〕 ニューラルネット18内の重みの変更がなされると今回入力したひとつの手本画像の学習は終わりであり、さらに学習すべき手本画像が残っていればステップS1に戻る。準備した一連の手本画像の学習がひとまわり済み手本画像が残っていなければステップS10に進む。

【0043】〔ステップS11〕 画像種V1の全手本画像を順にステップS1～S10に従って学習するのを一回の学習サイクルとして、実行した学習サイクルの数が、予定のサイクル数に達していれば、ステップS13に進む。予定のサイクル数に達していなければ、ステップS12に進む。

【0044】〔ステップS12〕 画像種V1の手本画像の順序を入れ変えてステップS1に戻る。

【0045】〔ステップS13〕 未学習の画像種があれば、ステップS14に進む。未学習の画像種がなく、全画像種についての学習が終了していれば、〔ステップEND〕に行く。

【0046】〔ステップS14〕 手本画像の画像種を変更してステップS1に戻る。

【0047】〔ステップEND〕 パラメータ算定部での全学習が完了(END)であり、実際の医用画像に対する階調変換を実行する準備が出来たことになる。なお、上記の学習過程では、ひとつの画像種については、例えば100枚の手本画像が用意され、100枚の手本画像を連続して学習するという1学習サイクルが、手本画像の入力順序を変更しながら1000～10000回ほど繰り返される。

【0048】次に学習段階を終えた階調自動処理装置による階調変換動作を、階調変換の流れを示す図9のフローチャートを参照しながら説明する。

〔ステップT1〕 実際に階調変換を施す対象である医用画像をMRI装置1から多値画像メモリ4へ送出する。

【0049】〔ステップT2〕 画像種判別部5が例えば画像種V1と判別すると、画像種判別部5から制御信号が出されてスイッチSAの接点SA1およびスイッチSCの接点SC1が閉じられる。

【0050】〔ステップT3〕 医用画像がパラメータ算定部CL1の画素抽出部11に入力される。

【0051】〔ステップT4〕 画素抽出部11が医用画像の画素の中から抽出条件Aおよび抽出条件Bの両方を満たす関心画素を抽出する。

【0052】〔ステップT5〕 ヒストグラム作成部17は抽出された関心画素についての濃度ヒストグラムを作成するとともにその規格化処理により作成した規格濃度ヒストグラムをニューラルネット18へ送出する。

【0053】〔ステップT6〕 学習後のニューラルネット18では、重みがもちろん適切な値であり、規格濃度ヒストグラムが入力されるとニューロンNUが荷重和機能を発揮して、規格最適ウィンドウレベル $w1$ および規格最適ウィンドウ幅 $w2$ を逆規格化処理部21へ送出する。

【0054】〔ステップT7〕 逆規格化処理部21は規格最適ウィンドウレベル $w1$ および規格最適ウィンドウ幅 $w2$ を逆規格化処理して最適ウィンドウレベル WL および最適ウィンドウ幅 WW に変換してから、スイッチSCを介して階調変換部7へ送出する。

【0055】〔ステップT8〕 階調変換部7では受信した最適ウィンドウレベル WL および最適ウィンドウ幅 WW に従って最適な階調変換特性が設定される。

50 【0056】〔ステップT9〕 医用画像の入力画素の

濃度値が設定された階調変換特性に従って出力画素の濃度値に変換されて出力画像メモリ8に格納される。

【0057】〔ステップT10〕 出力画像メモリ8の出力画素の濃度値はDA変換部9で逐次アナログ化されて送出されてモニタ3の画面にコントラストのよい医用画像が映し出される。

【0058】この発明は、上記実施例に限られるものではなく、例えば、以下のように変形実施できる。

(1) 上記実施例では、階調自動処理装置とMRI装置とが一体化された構成であったが、階調自動処理装置とMRI装置とが全く別体の構成となっていて、階調変換対象の医用画像を磁気ディスクなどで供給する構成のものが他の実施例として挙げられる。

【0059】(2) 上記実施例では、医用機器がMRI装置であったが、医用機器がX線CT装置など種類の違う機器であってもよいことは言うまでもない。

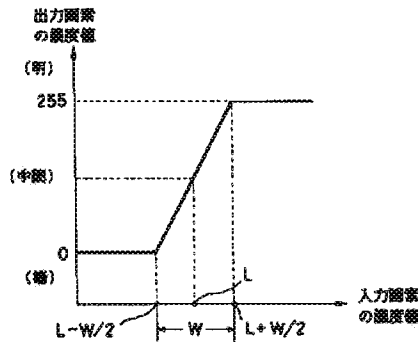
【0060】

【発明の効果】この発明の医用画像の階調自動処理装置によれば、手本画像の学習機能を備えたパラメータ算定手段が画像種ごとに設けられているため、異なる画像種間での相互干渉を生じることなく各画像種の手本画像を十分に学習し画像種の違いに左右されずに適正な階調変換特性の設定を実行してコントラストのよい十分な画像表示を実現することができる。

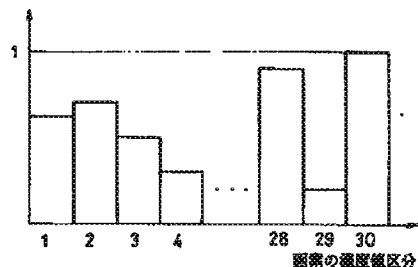
【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の階調自動処理装置の概略構成を示すブ

【図2】



【図6】



* ロック図である。

【図2】医用画像に適用される階調変換特性を説明するグラフである。

【図3】実施例装置の画素抽出部の構成を示すブロック図である。

【図4】医用画像例を模範的に示す平面図である。

【図5】濃度ヒストグラムを示すグラフである。

【図6】規格濃度ヒストグラムを示すグラフである。

【図7】実施例装置でのニューラルネットの構成を示す模式図である。

【図8】実施例装置での学習動作の流れを示すフローチャートである。

【図9】実施例装置での階調変換動作の流れを示すフローチャートである。

【符号の説明】

1…医用機器としてのMRI装置

5…画像種判別部

7…階調変換部

11…画素抽出部

17…ヒストグラム作成部

18…ニューラルネット

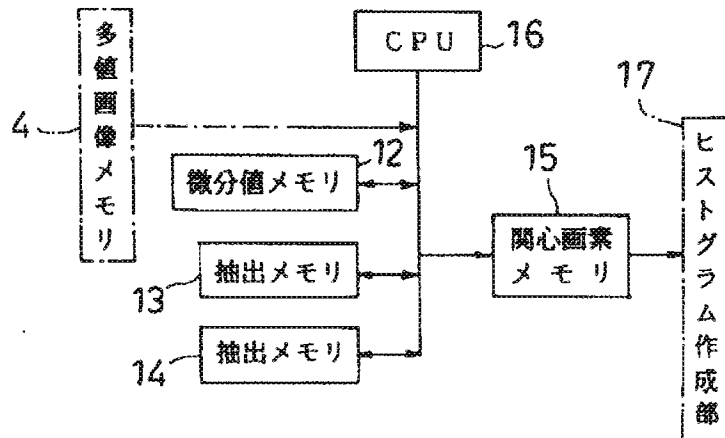
19…学習部

CL1…パラメータ算定部

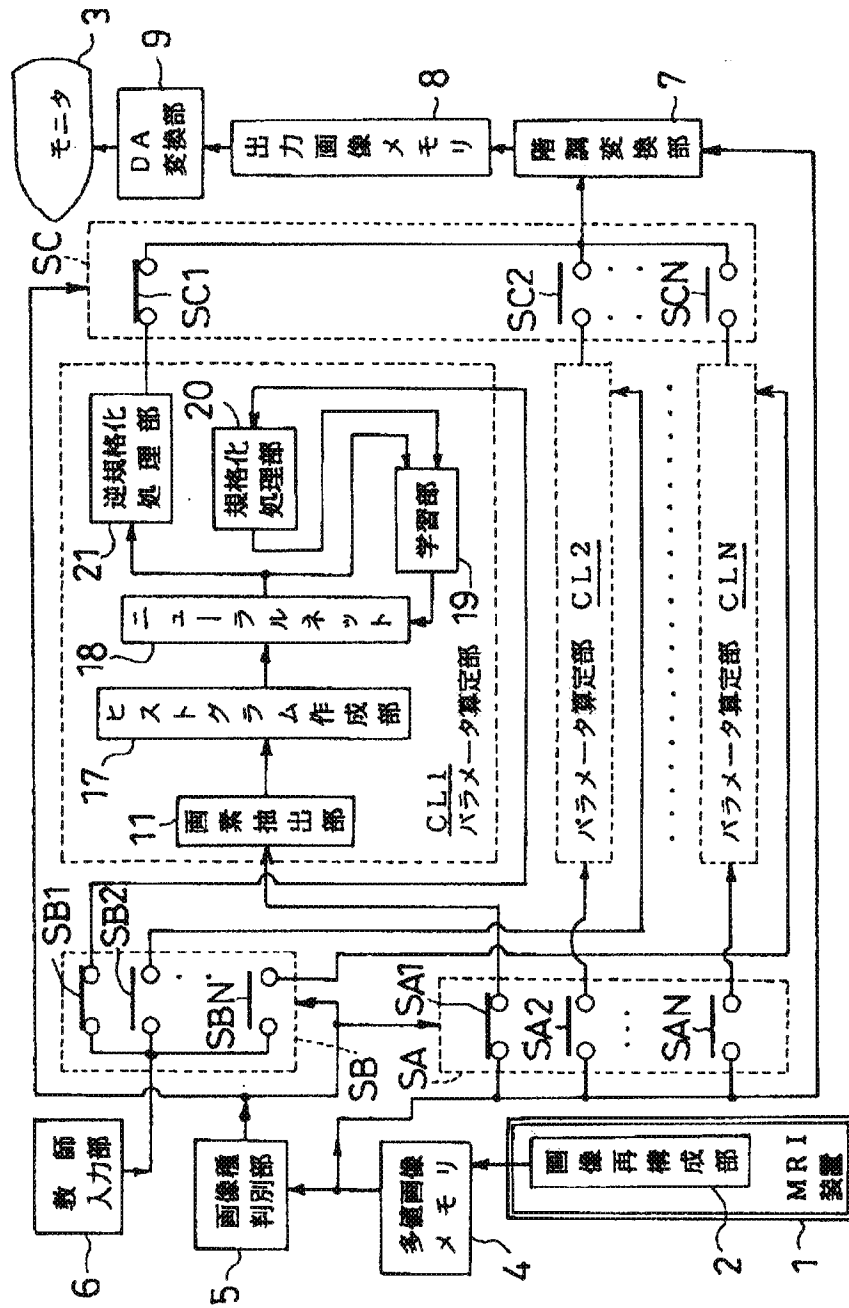
CL2…パラメータ算定部

CLN…パラメータ算定部

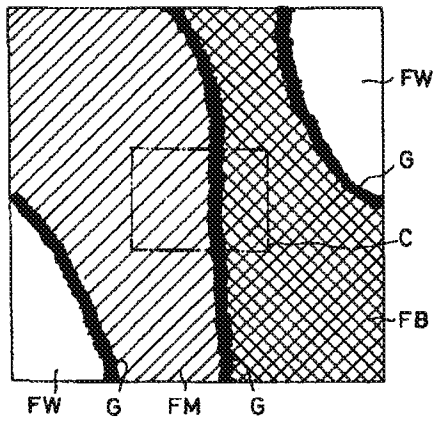
【図3】



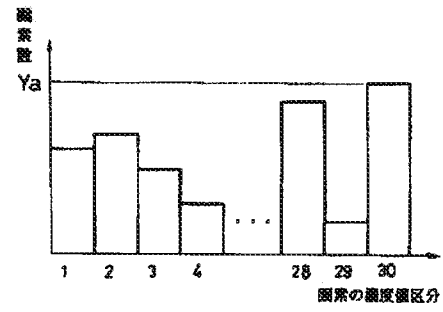
【図1】



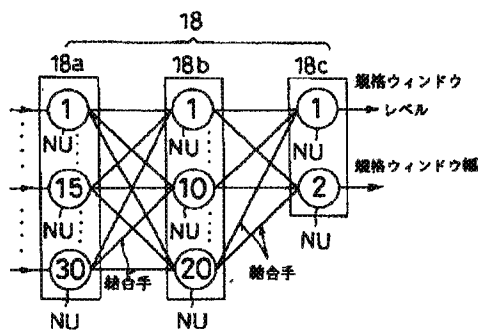
【図4】



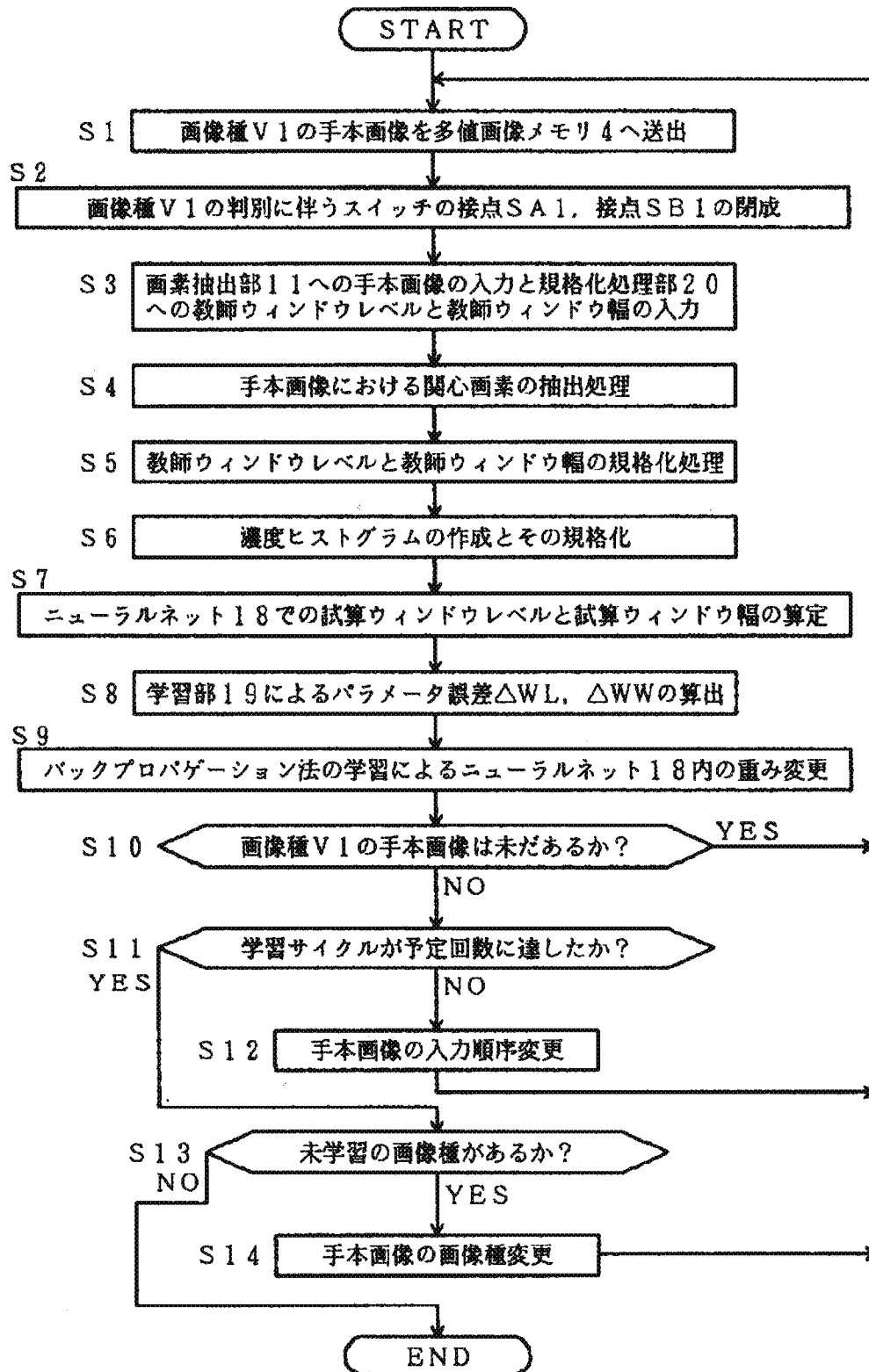
【図5】



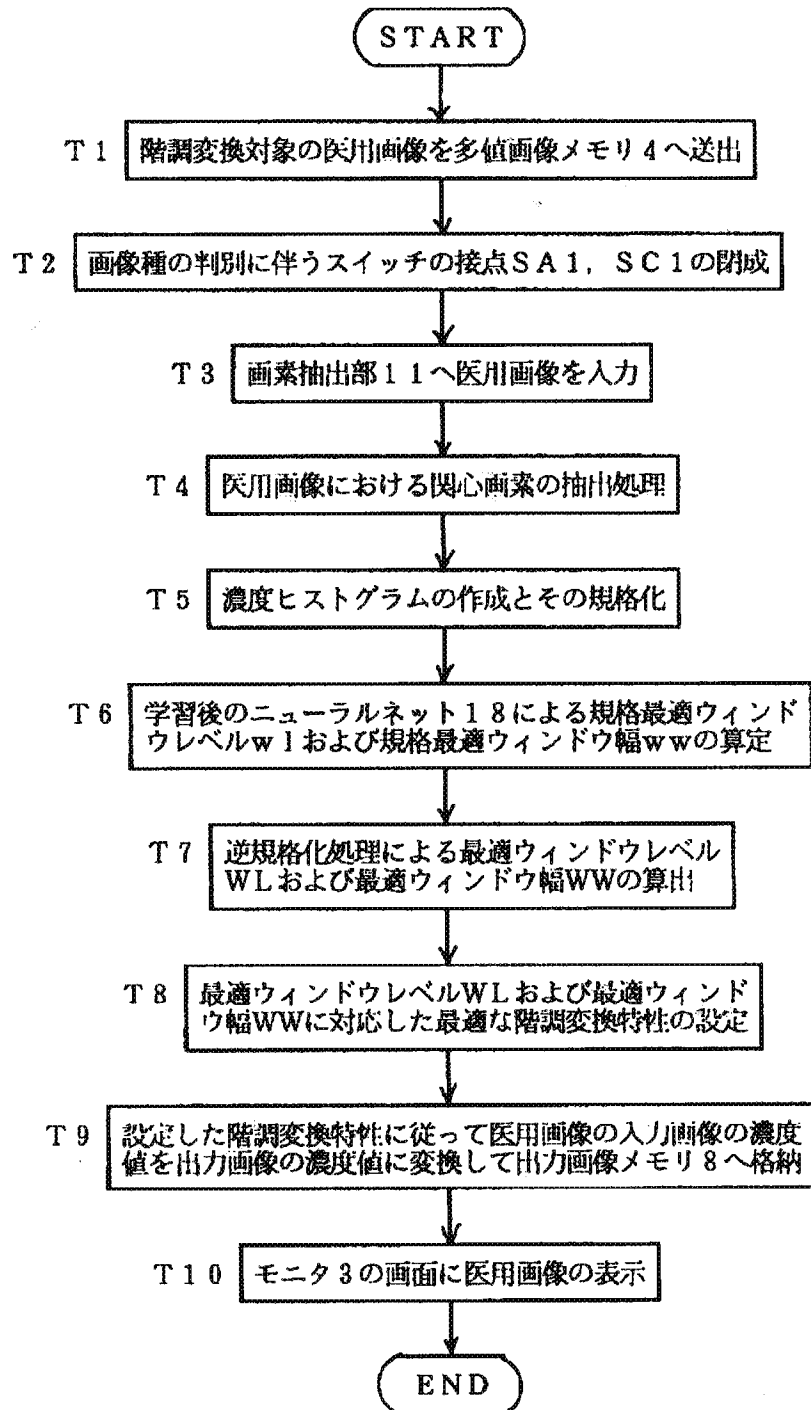
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き